Méthodes d'enregistrement ambulatoire de l'électrocardiogramme

A. Bonny, R. Frank

L'enregistrement ambulatoire de l'électrocardiogramme (ECG) comporte plusieurs systèmes : un enregistrement continu dit enregistrement Holter, et des enregistrements séquentiels, soit des moniteurs se déclenchant sur des alarmes comportant une boucle mémoire, soit des enregistreurs a posteriori, activés par le patient après un symptôme. Ces systèmes permettent la corrélation entre un symptôme et l'ECG, le diagnostic et la surveillance des troubles du rythme cardiaque. Leur indication pour le diagnostic de l'ischémie myocardique silencieuse est devenue exceptionnelle du fait d'autres méthodes plus sensibles. L'évolution technique depuis plus de 30 ans a suivi celle de l'informatique avec miniaturisation des appareils, emploi de mémoires solides permettant des enregistrements continus de plus en plus longs (plusieurs semaines, voire des années pour les dispositifs implantables définitifs comme le pacemaker [PM] ou les défibrillateurs automatiques implantables [DAI]), et lectures assistées par ordinateur, individuelles ou centralisées par transfert des données via Internet. Ceci implique une bonne maîtrise par le lecteur des subtilités techniques et technologiques de cette méthode diagnostique des arythmies cardiaques.

© 2014 Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

Mots-clés : Holter ; Enregistrement ECG de longue durée ; Monitoring de l'électrocardiogramme ; Indication du holter ECG

Plan

- **Un peu d'histoire** 1
- **Indications** 2
  - Palpitations 2
  - Malaises et syncopes 2
  - Accidents vasculaires cérébraux 2
- **Autres applications du holter** 2
  - Quantification d'arythmies connues 2
  - Recherche d'arythmies asymptomatiques 3
  - Contrôle de l'efficacité d'un traitement antiarythmique 3
  - Contrôle de l'efficacité de l'ablation par radiofréquence des troubles du rythme supraventriculaire (flutter atrial et fibrillation atriale) et ventriculaire 3
  - Études pronostiques de mortalité dans l'insuffisance cardiaque 3
  - Étude de la variabilité du QT avec la fréquence cardiaque dans les syndromes du QT long congénital 3
  - Étude de la variabilité du sus-décalage du segment ST-T dans le syndrome de Brugada 3
  - Surveillance des stimulateurs et défibrillateurs cardiaques 3
  - Analyse du segment ST-T à la recherche de l'ischémie myocardique 3
- **Holter en pratique clinique quotidienne selon la cardiopathie** 3
- **Systèmes d'enregistrement** 4
  - Enregistrement continu externe de l'ECG, holter ECG classique 4
  - Enregistreurs sporadiques d'événements 4
- **Choix du système d'enregistrement** 5
- **Analyses des tracés** 5
  - Analyse du rythme 5
  - Analyse du segment ST 6
  - Variabilité sinusale 6
  - Analyse des stimulateurs 6
  - Limites techniques 6
  - Artefacts 6
  - Autres limites : faux négatifs et faux positifs 6
  - Visualisation des ondes P 6
- **Matériel et technique d'acquisition** 6
  - Matériel 6
  - Électrodes 7
  - Enregistreurs 7
  - Logiciels d'analyse 7
  - Technique de pose et d'enregistrement 7
- **Étapes de lecture d'un holter** 7

Un peu d'histoire

L'ingénieur Norman J. Holter s'intéressait à l'enregistrement continu des signaux physiologiques [1].

En 1964, après plusieurs années de développement, il a mis au point un détecteur (enregistreur) d'événements cardiaques (arythmies) et démontre en 1965 la corrélation entre symptômes et modifications transitoires du rythme cardiaque. L'histoire captivante de cette aventure scientifique, dont l'intérêt clinique contemporain n'est plus à démonter, est résumée dans l'encadré de cet article.

Volume 9 > n°2 > mai 2014
http://dx.doi.org/10.1016/S1166-4568(13)31229-7

Point important

Norman Holter est un ingénieur américain qui s'intéressait dans les années 1940 à l'étude ambulatoire de l'ECG, pour lequel il proposa un émetteur portable de 45 kg dans un sac à dos peu pratique. C'est avec l'apparition du transistor que des émetteurs puis des enregistreurs miniaturisés ont pu être réalisés. N. Holter a en particulier imaginé une méthode de lecture rapide des tracés par superposition sur un écran d'oscilloscope cathodique. C'est au cours des années 1970, avec les progrès de la micro-informatique, que les premiers appareils commerciaux sont apparus, en particulier avec le système Avionics, enregistrant l'ECG sur des bobines magnétiques. D'autres équipements ont rapidement vu le jour, enregistrant longtemps sur des cassettes, puis directement sur des supports informatiques depuis la fin des années 1990. L'analyse manuelle sur écran d'oscilloscope s'est vite complétée de systèmes de détection automatique d'arythmies avec les premières consoles d'analyse, puis dans les années 1980 avec des mini-ordinateurs dédiés. Actuellement, ce sont des micro-ordinateurs standard avec des logiciels appropriés qui permettent d'analyser rapidement de façon semi-automatique des données, éventuellement transférées par Internet à partir d'enregistreurs distants.

■ Indications

L'enregistrement continu de l'électrocardiogramme (ECG) est la méthode diagnostique de choix pour établir la corrélation entre des symptômes épisodiques et un trouble de l'excitabilité, de l'automatisme ou de la conduction. Ces symptômes sont représentés par des palpitations (perception anormale des battements cardiaques), pouvant précéder des lipothymies (malaise avec ébrieux sans perte de connaissance), une syncope (perte de connaissance brutale et spontanément réversible), un arrêt cardiaque récupéré, ou la recherche d'une fibrillation atriale asymptomatique devant un accident thromboembolique. Inversement, l'enregistrement permet d'écarter un trouble du rythme à l'origine des symptômes. Ainsi, un nombre de palpitations est dû à de banales tachycardies sinusales d'origine neurovégétative. En outre, la découverte de troubles du rythme asymptomatiques ne permet pas d'être certain de leur implication dans la symptomatologie. Enfin, il peut être utile de répéter les enregistrements si les symptômes ne sont pas trop rares.

Palpitations

Les palpitations représentent une indication privilégiée du holter. Par ce terme, le patient peut aussi bien décrire des irrégularités du rythme cardiaque, des tachycardies, ou parfois la simple prise de conscience des battements cardiaques sans aucune arythmie. La rentabilité diagnostique sera bonne si les palpitations sont fréquentes. Elle sera bien moindre si les palpitations sont rares, par exemple chez les patients présentant des accès de tachycardie paroxystique. Toutefois, l'évolution récente des mémoires équipant les enregistreurs permet des durées de plusieurs semaines.

Malaises et syncopes

En présence de malaises ou syncopes, le holter pourra trouver une bradycardie paroxystique, et parfois une tachycardie. Il faut écarter devant une bradycardie asymptomatique le rôle du système nerveux autonome (en particulier la nuit) dans la genèse d'un malaise ou syncope. Cependant, toute bradycardie asymptomatique enregistrée ne saurait expliquer les symptômes, du fait du rôle prédominant du tonus vagal, en particulier nocturne. La sensibilité du holter est meilleure que l'exploration endocavitaire pour le diagnostic de dysfonction sinusale. Inversement, en matière de bloc auriculoventriculaire (BAV), sa spécificité est moindre, inférieure à celle de l'exploration endocavitaire. Un holter normal, alors que le patient a présenté un ou des malaises pendant l'enregistrement, permet au moins d'écarter un trouble du rythme ou de la conduction.

Accidents vasculaires cérébraux

La fibrillation auriculaire (FA) paroxystique est une des causes d'embolies cérébrales. L'examen Holter fait partie du bilan étiologique d'un accident vasculaire cérébral (AVC), parfois transitoire (AIT), présumé embolique, et peut seul mettre en évidence une FA paroxystique. Toutefois, la responsabilité d'une FA paroxystique découverte au holter est souvent délicate à affirmer car elle est fréquente chez le sujet âgé asymptomatique.

■ Autres applications du holter

L'enregistrement continu de l'ECG a également d'autres champs d'application.

Quantification d'arythmies connues

Bradycardies

Une bradycardie asymptomatique avec des fréquences cardiaques (FC) diurnes supérieures à 40/min, s'accélérant à l'effort, est rassurante. La recherche des pauses diurnes supérieures à trois secondes est également un objectif du holter chez des sujets suspects de dysfonction sinusale. Le holter, surtout de longue durée, permet de rechercher un BAV paroxystique chez un sujet symptomatique (Fig. 1).

Extrasystoles et tachycardies

Chez un sujet se plaignant de palpitations épisodiques, en dehors de la mise en évidence d'une fibrillation atriale paroxystique, le holter peut enregistrer des extrasystoles atriales précoces (phénomène P/T) fortement évocatrices de FA paroxystique naissant dans les veines pulmonaires. L'enregistrement de tachycardie régulière à QRS fins fera discuter le diagnostic de maladie de Bouveret en cas de symptômes. À l'étage ventriculaire, la présence d'extrasystoles ventriculaires (ESV), même isolées, doit faire éliminer une cardiopathie sous-jacente si elles sont polymorphes et fréquentes. Elles n'ont un caractère pronostique que dans le postinfarctus [2]. Ainsi, selon la classification de Lown, plus de 30 ESV/h, polymorphes, répétitives (doublets, triplets, tachycardie ventriculaire [TV] non soutenue) et la précocité du couplage (phénomène R/T) sont péjoratifs en cas d'antécédents d'infarctus.

Insuffisance chronotrope

Elle est définie par l'absence d'accélération de la fréquence cardiaque à l'effort. Le holter permet de déterminer le profil fréquentiel des patients se plaignant de fatigabilité à l'effort.

Figure 1. Bloc auriculoventriculaire 3 (SpiderFlash).

Tachycardie sinusale inappropriée

Il s'agit d'une tachycardie sinusale de repos supérieure à 100/min.

Recherche d'arythmies asymptomatiques

La fibrillation atriale, plus rarement le flutter atrial et les ESV (isolées ou répétitives) peuvent avoir un caractère asymptomatique [3]. Étant donné que la FA est la première cause d'AVC et la TV est fréquente dans le postinfarctus, exposant les coronariens à la mort subite, le holter est un examen de routine dans la prise en charge de l'AVC/AIT et dans l'évaluation du risque rythmique du postinfarctus.

Contrôle de l'efficacité d'un traitement antiarythmique

On recherche notamment les récidives et le contrôle de la fréquence cardiaque.

À l'étage supraventriculaire

Le comptage des extrasystoles auriculaires (ESA) isolées, des doublets, triplets ou salves permet par comparaison à l'état basal de juger de la réponse au traitement antiarythmique. Il en est de même chez les patients ayant un ou plusieurs accès quotidiens de tachycardie atriale, flutter ou FA paroxystique. En cas de FA permanente, le holter appréciera la réponse ventriculaire sous traitement ralentisseur de la conduction auriculoventriculaire (β-bloquants, digoxine, inhibiteurs calciques bradycardisants, etc.).

À l'étage ventriculaire

La même difficulté d'appréciation de l'efficacité d'un traitement antiarythmique est rencontrée lorsque le trouble du rythme ventriculaire est rare. Le holter est en revanche d'un très grand intérêt pour l'appréciation du traitement de l'extrasystolie ventriculaire.

C'est d'ailleurs l'examen de référence dans ce domaine. Un médicament antiarythmique, pour recevoir l'autorisation de mise sur le marché, doit montrer qu'il est capable de réduire significativement le nombre des ESV isolées, des doublets ou des salves. Lorsque l'on s'adresse à des troubles du rythme ventriculaires plus sévères, le holter n'est plus l'examen de référence. En cas de tachycardies ventriculaires soutenues, l'efficacité du traitement est appréciée par les méthodes provocatrices de stimulation ventriculaire programmée. La place du holter n'est cependant pas négligeable ; d'une part parce que certaines études semblent montrer que la suppression des ESV par le traitement serait corrélée de façon satisfaisante à une prévention efficace des tachycardies ventriculaires soutenues, et d'autre part parce que le holter peut parfois authentifier un éventuel effet proarythmique du traitement.

Contrôle de l'efficacité de l'ablation par radiofréquence des troubles du rythme supraventriculaire (flutter atrial et fibrillation atriale) et ventriculaire

Le développement de cette nouvelle approche thérapeutique des troubles du rythme, avec la nécessité de vérifier son efficacité à moyen et long terme, a rendu nécessaire l'utilisation du monitorage de longue durée de l'ECG, en particulier du fait du caractère asymptomatique fréquent lors de récidives de FA après ablation.

Études pronostiques de mortalité dans l'insuffisance cardiaque

D'une façon générale, la variabilité sinusale diminue avec la gravité de l'insuffisance cardiaque, du fait de l'activation du système nerveux sympathique. On a proposé différents paramètres mesurant cette activité dans le but d'évaluer le risque de mort subite :

- moyenne et écart-type du cycle sinusal ;
- analyses spectrales du cycle sinusal par différents algorithmes ;
- turbulence postextrasystoles ventriculaires ;
- alternance de ST-T.

Étude de la variabilité du QT avec la fréquence cardiaque dans les syndromes du QT long congénital

La durée de l'intervalle QT se raccourcit avec le cycle cardiaque et se raccourcit plus le jour que la nuit. Cependant, chez les patients atteints du syndrome du QT long congénital, le raccourcissement nocturne est plus important que le raccourcissement diurne (la pente de la courbe QT/R-R est normalement plus importante le jour que la nuit, et inversement chez les porteurs du QT long congénital).

Étude de la variabilité du sus-décalage du segment ST-T dans le syndrome de Brugada

Le sus-décalage en dôme de V1 à V3 (et exceptionnellement dans les dérivations inférieures), caractéristique de l'ECG typique du syndrome de Brugada (BrS), a une valeur pronostique affirmée. Du fait de la variabilité d'un jour à l'autre de ce sus-décalage, le holter permet d'en mesurer la charge sur 24 heures. La place de cette approche pronostique du BrS est en cours d'évaluation.

Surveillance des stimulateurs et défibrillateurs cardiaques

Chez les patients ayant un stimulateur, le holter est d'une aide très précieuse pour évaluer le fonctionnement de l'appareil dans la vie courante : recherche d'anomalie de fonctionnement paroxystique (défaut de stimulation, de détection, inhibition par des myopotentiels, épisodes de tachycardies par réentrée électronique, etc.) ; vérification dans le cas de stimulateurs capables de s'accélérer à l'effort (stimulateurs DDD ou stimulateurs à fréquence asservie) que la programmation des différents paramètres de stimulation ou d'asservissement est adéquate. Toutefois, l'amélioration des capacités des mémoires vives des stimulateurs cardiaques a permis d'y inclure des logiciels d'enregistrement continu des événements (holter embarqué). Ainsi, les nouvelles générations de pacemakers, à l'image des défibrillateurs automatiques, sont capables de détecter et enregistrer la plupart des événements rythmiques. D'ailleurs, une bonne partie du temps de la consultation de contrôle des stimulateurs cardiaques est aujourd'hui consacrée à analyser les compteurs d'événements du pacemaker (Fig. 2).

Analyse du segment ST-T à la recherche de l'ischémie myocardique

Elle n'est pratiquée qu'exceptionnellement du fait de l'apport d'outils diagnostiques plus performants [4].

■ Holter en pratique clinique quotidienne selon la cardiopathie

Nous pouvons regrouper les indications de l'enregistrement longue durée de l'ECG selon des objectifs à visée diagnostique ou pronostique, et en tenant compte de la cardiopathie sous-jacente (Tableau 1) [5, 6]. Les cardiopathies pourvoyeuses d'arythmies, donc de symptômes « rythmiques » (palpitations, malaise lipothymique, syncope, AIT/AVC, arrêt cardiaque) sont une indication de choix du holter. Les plus courantes sont le postinfarctus, l'insuffisance cardiaque, la cardiomyopathie hypertrophique (CMH), la dysplasie ventriculaire droite arythmogène

Tableau 1.
Indication du holter selon la pathologie.

Pathologie	Indication		Type d'enregistrement		Arythmies recherchées	
	Diagnostique	Pronostique	Sur 24 heures	Longue durée	Supraventriculaire	Ventriculaire
Post-IDM	–	+++	++	+	–	+++
IC [a]	–	+	++	–	+	++
CMH	–	+++	++	++	+	+++
DVDA	–	++	++	+	+	+++
WPW	–	+	+	+	++	–
SQTL	+	+	++	–	–	Analyse du QT
BrS	–	+	+	+	+	++
CPVT	+	±	+	++	–	+++
AVC/AIT	++ (emboles)	–	+	+++	+++	–
NC du VG	–	+	+	+	+	++

IDM : infarctus du myocarde ; IC : insuffisance cardiaque ; CMH : cardiomyopathie hypertrophique ; DVDA : dysplasie ventriculaire droite arythmogène ; WPW : Wolf Parkinson White ; SQTL : syndrome du QT long ; BrS : syndrome de Brugada ; CPVT : tachycardie ventriculaire polymorphe catécholergique ; AVC : accident vasculaire cérébral ; AIT : accident ischémique transitoire ; NC du VG : non-compaction du ventricule gauche.
[a] La myocardite respecte les mêmes indications.

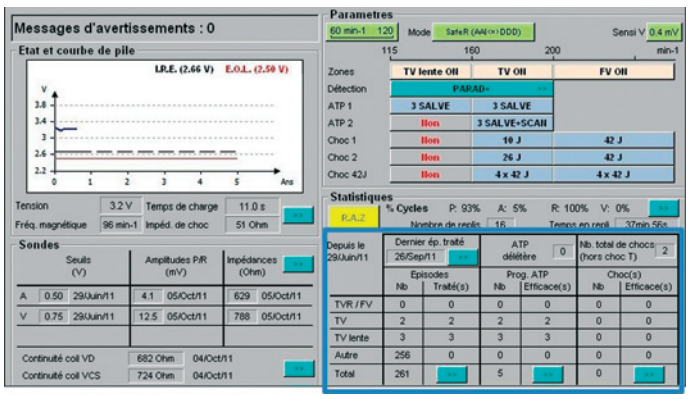

Figure 2. Comptage d'évènements par la pile cardiaque. Grâce aux logiciels d'enregistrement d'évènements contenus dans la mémoire vive des stimulateurs et défibrillateurs cardiaques, il est aujourd'hui possible d'apprécier l'état de la pile cardiaque (capacité résiduelle en énergie de stimulation ou défibrillation), l'intégrité des sondes, le pourcentage de stimulation cardiaque, la quantification des arythmies et le nombre de thérapies (ATP ou chocs de défibrillation) administrées. TV : tachycardie ventriculaire ; FV : fibrillation ventriculaire, ATP : *anti-tachycardia pacing*.

(DVDA), la sténose mitrale, le syndrome de Wolf Parkinson White (WPW) et autres cardiopathies « électriques », appelées canalopathies, telles que le syndrome du QT long, le syndrome du QT court, le syndrome de Brugada, la TV polymorphique catécholergique, etc.

Le type de monitorage (Fig. 3), à savoir holter externes ou implantables, en continu ou à la demande, sur 24 heures ou de plus longue durée, dépendra de la fréquence des symptômes (Tableau 2) [7].

Certaines maladies, lorsqu'elles s'expriment sur le mode « arythmogénique », ont une vulnérabilité ventriculaire fréquente ; et un holter classique et de courte durée (de 24 à 48 heures) est souvent suffisant pour apprécier l'évolution rythmique de la maladie. C'est le cas du postinfarctus, de la CMH, la DVDA, la cardiomyopathie dilatée, et de la myocardite à sa phase aiguë. D'autres cardiopathies s'expriment moins fréquemment sur le mode rythmique (en dehors des périodes d'orage rythmique) et nécessitent un monitorage de plus longue durée. C'est le cas du BAV paroxystique dont la maladie de Steinert est une des causes. Toutefois, dans ce cas, d'autres méthodes diagnostiques (épreuve d'effort à visée rythmique, exploration électrophysiologique, tilt-test, etc.) sont à privilégier. C'est le cas des syndromes de WPW, de Brugada, du QT court, etc.

■ Systèmes d'enregistrement

Selon le contexte clinique (diagnostic de présomption) et la fréquence des symptômes, on utilisera des méthodes différentes (Tableau 3).

Enregistrement continu externe de l'ECG, holter ECG classique

En général deux canaux, parfois trois (pour la mesure automatique du QT) sont nécessaires.

L'analyse précise des morphologies des ondes P ou des QRS pour déterminer leur site d'origine nécessite les 12 dérivations ECG standard, obtenues à partir des dix électrodes ECG habituelles, celles du plan frontal aux racines des membres, et les précordiales à leur emplacement standard. Elles peuvent être reconstituées à partir de cinq (Phillips) ou six (General Electric) électrodes par des algorithmes particuliers.

La durée d'enregistrement est habituellement de 24 heures. Toutefois, le holter des 24 heures a une faible rentabilité pour des événements moins fréquents.

Ainsi, la recherche d'arythmies moins fréquentes nécessite des modèles de longue durée, une semaine à un mois, en expliquant au patient comment changer les électrodes. Le modèle AFT (*Full Arrhythmia Tracking*) est commercialisé en France.

Enregistreurs sporadiques d'événements

(Fig. 3)

Ils n'enregistrent pas l'ECG en continu. Il existe deux variétés : l'une dite a posteriori, où le patient ressent un symptôme et a le temps de s'enregistrer, et l'autre branchée en permanence, véritable moniteur d'arythmie ambulatoire, avec une mémoire en boucle de plusieurs minutes, qui enregistrera des événements brefs ou asymptomatiques, reconnus par un logiciel, ou activés par le patient après le symptôme. Ces derniers sont soit externes soit implantables en sous-cutané prépectoral. Le choix du système dépend de la durée de l'épisode (symptôme).

Enregistreurs a posteriori

Les enregistreurs a posteriori sont indiqués en cas de symptôme suffisamment long pour être enregistré par le patient. L'ECG est parfois envoyé à un centre serveur automatique (Vitaphone) ou humain (Cardiomemo). L'enregistrement se fait à partir d'électrodes en général incluses sur le boîtier, mises en contact sur le thorax, ou entre deux mains.

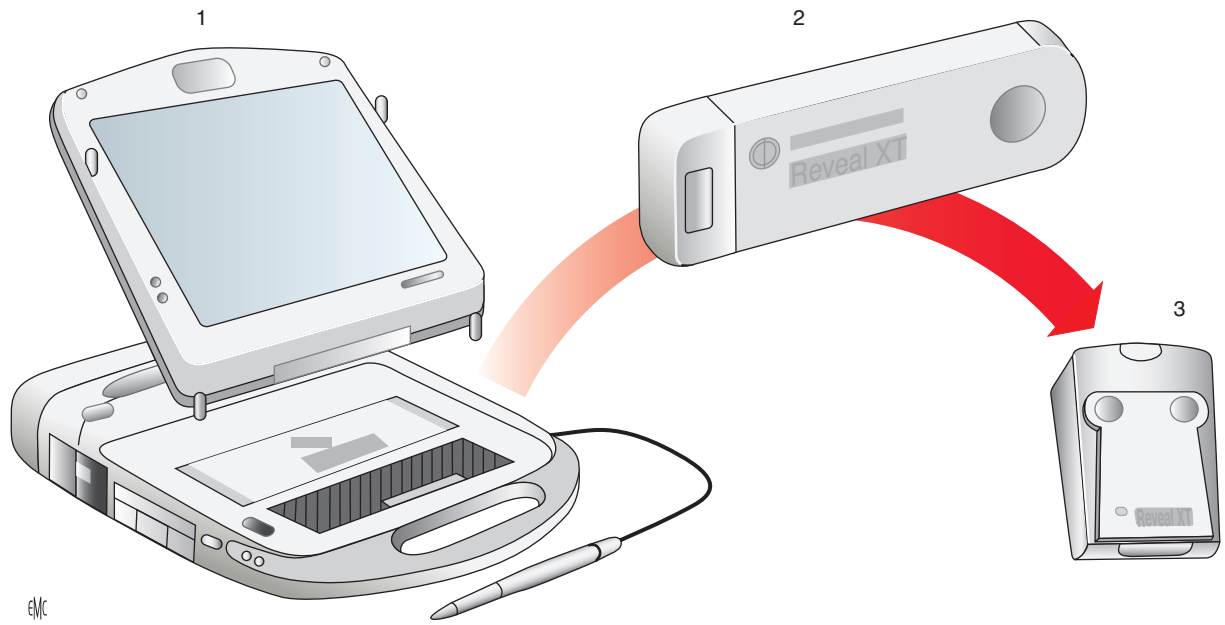

Figure 3. Dispositif de programmation et de contrôle du Reveal. 1. Programmateur Medtronic Carelink ; 2. moniteur cardiaque implantable ; 3. assistant patient Reveal XT.

Tableau 2.
Différents systèmes d'enregistrement : télédiagnostic, postévénement, moniteur d'arythmie externe, moniteurs implantables, holter.

Nom du modèle	Mode	Nombre de pistes	Durée d'enregistrement	Type d'enregistrement
Cardiomemo, Vitaphone	Télédiagnostic	1	30 secondes a posteriori	Postévènements
R-test, Montre, Omron, etc.	A posteriori	1	30 secondes a posteriori	Postévènements
R-test Evolution	8 jours	1	8 jours moniteur externe	Moniteur continu + 20 minutes ECG péri-événement
SpiderFlash	30 jours	1	30 jours moniteur externe	Moniteur continu + 30 minutes ECG péri-événement
Implantable : Reveal/Confirm	3 ans	1	3 ans moniteur implanté	Moniteur continu + 15 minutes ECG péri-événement
Holter 24 heures	24 heures	2–12	24 heures	Continu
Holter de longue durée	8 à 30 jours	2	8–30 jours	Continu

ECG : électrocardiogramme.

Tableau 3.
Caractéristiques des moniteurs cardiaques ambulatoires.

	Durée de l'enregistrement	Monitoring et stockage complet des données (24 h/24)	Télémonitoring
Holter			
Courte durée	24–48 h	Oui	Non
Longue durée	1–2 semaines	Oui	Non
Enregistreur d'événements			
Événement continue	Jusqu'à 1 mois	Non	Oui
Postévénement	Jusqu'à 1 mois	Non	Oui
Enregistrement continu en temps réel	Jusqu'à 1 mois	Oui	Oui
Enregistreur implantable	Jusqu'à 2 ans	Non	Oui

Enregistreurs en boucle

Les enregistreurs en boucle sont branchés en continu, soit implantés en sous-cutané (Reveal Medtronic, Predict ST Jude), soit externes et reliés à des électrodes cutanées changées périodiquement (SpiderFlash).

L'enregistreur se déclenche sur des alarmes préréglées, ou est activé a posteriori par le patient en cas de symptôme, gardant une durée programmable d'ECG avant et après l'activation.

■ Choix du système d'enregistrement

En fonction de la fréquence des événements recherchés et de la durée des symptômes, on optera pour l'une ou l'autre méthode d'enregistrement (Tableau 1) :

- symptôme quotidien à hebdomadaire : holter de durée adaptée ;
- moins d'un événement par mois : enregistreur d'événement :
  - durée brève (syncope) : mémoire implantable (Reveal) soit un enregistreur en boucle (SpiderFlash, R-test évolution 3),
  - durée longue (palpitations, malaise non syncopal) : enregistreur d'événements a posteriori : Cardiomemo, R-test, avec transmission transtéléphonique à un centre qui renvoie les données (Cardiatel), ou à un serveur accessible au praticien, ou directement l'appareil sur un PC (cf. Omron, Montre ECG ou autre) ;
- plusieurs par mois : holter de longue durée (AFT) ou moniteur externe relié en permanence au patient (SpiderFlash, etc.).

■ Analyses des tracés

Analyse du rythme

Les logiciels d'analyse du tracé Holter permettent la détection et le comptage de nombreux événements rythmiques.

Bradycardie, périodes longues et pauses

La lecture des courbes du rythme cardiaque donne un aperçu rapide des plages fréquentielles. Le calcul des intervalles R-R permet d'apprécier les périodes longues (correspondant à la bradycardie) et des pauses. Des pauses diurnes supérieures à trois secondes signent un trouble de la conduction (dysfonction sinusale, bloc auriculoventriculaire) à corréler à la clinique.

Hyperexcitabilité et tachycardie

La détection des extrasystoles supraventriculaires repose sur la mise en évidence de complexes QRS prématurés de morphologie identique aux complexes sinusaux. Les extrasystoles auriculaires (ESA) ou jonctionnelles sont classées différemment selon qu'elles sont isolées, en doublets ou en salves (au moins trois extrasystoles successives). Une tachycardie est comptabilisée chaque fois que la fréquence cardiaque (sur un rythme supraventriculaire ou ventriculaire) dépasse par convention la valeur de 100/min. Il est important de documenter dans le compte rendu le début et la fin des tachycardies.

Les extrasystoles ventriculaires (ESV) sont identifiées comme des QRS prématurés, dont la morphologie diffère de celle du QRS de référence identifié comme sinusal, et non précédés d'une onde P. La même séparation est faite entre les ESV isolées, doublets, triplets ou salves. Il est important d'analyser la morphologie des ESV, monomorphe, bimorphe, ou polymorphe à partir de trois morphologies différentes, ainsi que leur couplage (normal, court ou phénomène R/T).

Toutes ces données analytiques sont regroupées sur des tableaux récapitulatifs, où figure également la courbe de fréquence cardiaque donnant un aperçu de l'évolution de ces divers événements sur les 24 heures et selon la période considérée de la journée – diurne ou nocturne – et le niveau de la fréquence cardiaque environnante.

Ceci est très utile lorsque l'on cherche à établir le caractère bradycardie dépendant ou tachycardie dépendant d'un trouble du rythme ou de la conduction et à évaluer l'influence du système nerveux autonome. Le holter permet également de comprendre le mécanisme de la tachycardie à travers son mode de démarrage et d'arrêt. En effet, une tachycardie à QRS larges démarrant par un complexe large et sans onde P visible serait plus probablement une TV plutôt qu'une tachycardie supraventriculaire (TSV) avec aberration de la conduction. Par ailleurs, une tachycardie s'arrêtant après une onde P non conduite évoque une origine supraventriculaire de l'arythmie. L'apparition ou la disparition d'une préexcitation (onde delta) est également utile à l'interprétation de l'arythmie.

Analyse du segment ST

Le segment ST normal est isoélectrique. Un repérage du segment ST est fait par l'appareil de lecture et l'amplitude de toute déviation du segment ST est mesurée en permanence par référence à la ligne isoélectrique. Les sus- ou sous-décalages pathologiques du segment ST peuvent ainsi être détectés et mesurés. Une analyse visuelle fine est toutefois indispensable car bon nombre d'anomalies détectées sont artéfactuelles ou non pathologiques et ne répondent pas aux critères ECG classiques des courants de lésion sous-épicardiques ou sous-endocardiques. Les mesures automatisées sont donc insuffisantes.

Variabilité sinusale

La variabilité sinusale est un marqueur pronostique majeur après infarctus du myocarde. Les logiciels d'analyse incorporés dans les enregistreurs Holter proposent la mesure de divers paramètres de variabilité sinusale : déviation standard de la moyenne des intervalles RR enregistrés sur une période plus ou moins longue. D'autres paramètres de variabilité sinusale ont été imaginés mais leur utilité clinique n'a pas été reconnue.

Analyse des stimulateurs

Les médecins habitués à la lecture des bandes Holter connaissent bien la difficulté d'analyse des tracés de patients porteurs d'un stimulateur, a fortiori s'il s'agit d'un stimulateur double chambre, et encore plus avec l'asservissement de fréquence. Cela tient notamment à la difficulté de visualisation des impulsions de stimulation et aussi au fonctionnement très complexe des stimulateurs, en particulier dans certaines configurations de programmation nécessitant de connaître le modèle de l'appareil et son réglage.

Limites techniques

Un certain nombre de problèmes techniques peuvent fausser l'analyse et l'interprétation des tracés. La fiabilité des enregistrements a été nettement améliorée avec l'abandon des cassettes magnétiques pour des mémoires solides. Le seul point faible restant est lié aux électrodes cutanées qui peuvent se décoller, et entraîner des artefacts masquant les QRS.

Artefacts

Les sources d'artefacts sont très nombreuses à tous les niveaux du système d'enregistrement. Il peut en résulter par exemple :

- une diminution ou absence de voltage des QRS enregistrés sur une ou deux pistes, une instabilité de la ligne de base peuvent être à l'origine de fausses pauses ;
- des myopotentiels (artefacts musculaires), reconnus comme des QRS précoces (ESA ou ESV) par le logiciel d'analyse réalisent de fausses tachycardies.

On ne voit plus depuis l'abandon des bandes magnétiques des modifications de la vitesse de déroulement de la bande magnétique entraînant une pseudo-bradycardie ou de pseudo-pauses, reconnaissables à l'allongement proportionnel de l'espace PR, du QRS et de l'onde T. De même, on pouvait constater un mauvais effacement du tracé sur une bande déjà utilisée, avec présence de pseudo-ondes P supplémentaires qui pouvait faire poser le diagnostic de BAV au lieu de celui de pauses sinusales.

Autres limites : faux négatifs et faux positifs

La non-détection d'anomalies ECG ayant bien eu lieu pendant l'enregistrement (faux négatifs) ou le diagnostic d'anomalies qui n'ont pas eu lieu en fait (faux positifs) sont des risques inhérents à toute technique d'exploration. Ces erreurs étaient très fréquentes autrefois, lorsque la lecture était manuelle. Elles le sont beaucoup moins actuellement grâce à l'enregistrement sur mémoires solides et l'analyse automatique du tracé, contrôlée et validée secondairement par le médecin.

Visualisation des ondes P

Une bonne analyse des troubles du rythme ou de la conduction implique une bonne visualisation des ondes P. Malheureusement, celles-ci ne sont pas toujours bien visibles et l'on conçoit alors les difficultés d'interprétation des tracés et les risques d'erreurs.

■ Matériel et technique d'acquisition

Matériel

Malgré la diversité des matériels existant sur le marché, leur principe de fonctionnement est le même. Le système d'enregistrement est le plus souvent constitué de trois électrodes cutanées réalisant un enregistrement sur deux dérivations bipolaires (comparables à V1 et V5), ou quatre pour enregistrer trois dérivations.

Électrodes

Les électrodes utilisées sont des électrodes patch autocollantes jetables à base d'Ag/AgCl. La qualité des électrodes et la préparation de la peau de même que la technique de pose influent de façon très importante sur la qualité du tracé ECG.

Enregistreurs

Il existe deux types d'appareils actuellement commercialisés, les anciens enregistreurs analogiques à bande magnétique, qui ne devraient plus être utilisés du fait des artefacts liés à la technologie des bandes, et les enregistreurs numériques dits à mémoire solide, d'apparition relativement récente.

Ces deux types d'appareils, de petite taille, sont portables. Les enregistreurs analogiques sont constitués d'amplificateurs du signal ECG et d'un enregistreur sur bande magnétique de type magnétophone qui transfère et stocke les signaux amplifiés sur une bande magnétique traditionnelle. Cette bande magnétique est ensuite lue sur un appareil spécial de lecture et d'analyse. Les enregistreurs numériques sont d'un autre type. À la différence des enregistreurs analogiques, le signal ECG n'est pas amplifié et stocké sur une bande magnétique mais est immédiatement numérisé et stocké dans une mémoire solide. Une analyse en temps réel du tracé peut être faite, mais elle est en général différée dans l'ordinateur de lecture.

Logiciels d'analyse

Les appareils d'analyse et de lecture sont des micro-ordinateurs chargés d'un logiciel spécial d'analyse et de traitement des données. Un certain nombre d'opérations sont effectuées de façon automatique par le logiciel : repérage des différentes familles de battements cardiaques (supraventriculaires, ventriculaires, artefacts, etc.), détection des pauses, des bradycardies et tachycardies, détection et comptage des extrasystoles auriculaires ou ventriculaires isolées, des doublets, salves et affichage des histogrammes correspondants, affichage des courbes de fréquence cardiaque et du segment ST-T. Il revient néanmoins au médecin de valider l'analyse du logiciel et, le cas échéant, de corriger les résultats et fournir une synthèse en guise de conclusion du rapport.

Technique de pose et d'enregistrement

La technique de pose des électrodes et de l'appareil doit être particulièrement rigoureuse. La qualité du tracé ECG et la fiabilité de l'interprétation en dépendent. On ne saurait trop insister sur l'importance de cette étape de l'examen.

- La *peau* doit être frottée et dégraissée pour en diminuer la résistance électrique avec un solvant adapté avant de placer les électrodes.
- Les *électrodes* autocollantes de bonne qualité sont choisies. Elles sont collées sur une peau légèrement abrasée par un fin papier de verre, lavée et dégraissée par de l'éther ou de l'acétone. Les électrodes sont collées aux endroits appropriés (Fig. 4) : en haut et en bas du manubrium sternal, et en position V4 pour avoir deux dérivations bipolaires lisibles, V4R en plus pour enregistrer trois dérivations si l'appareil le permet.
- Les *câbles* (fils) sont connectés au boîtier enregistreur porté en bandoulière. Ils sont fixés près des électrodes par un ruban adhésif pour éviter toute traction sur ces dernières.
- Le *boîtier enregistreur* doit être alimenté en piles neuves et utiliser (si l'on dispose d'un boîtier analogique) une cassette neuve de bonne qualité.
- En début d'enregistrement, un signal de calibrage de 1 mV est injecté. Ce calibrage est fait de façon automatique sur la plupart des appareils sur le marché. On vérifiera la date/heure de l'enregistreur, l'autonomie des piles. La vitesse de déroulement de la bande magnétique est de 2 mm ou 1 mm/s.

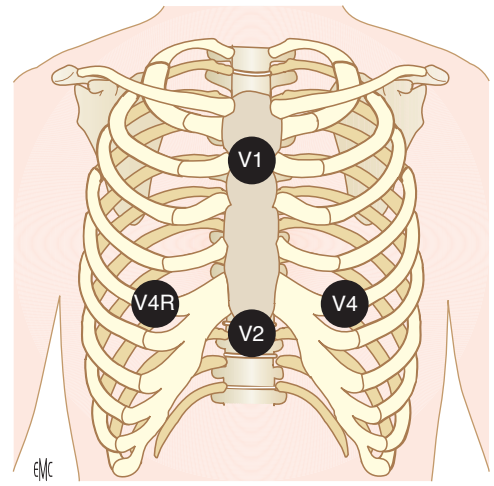

Figure 4. Place des électrodes.

Si l'appareil ne dispose pas d'un procédé de codage de l'heure, l'heure de début doit être notée. Le patient doit inscrire sur une feuille de papier d'éventuels symptômes ainsi que leur horaire de survenue. Ceci est très important pour pouvoir vérifier si les symptômes s'accompagnent ou non d'anomalies ECG. De même, en cas de symptômes, le patient devra appuyer sur un bouton marqueur permettant de repérer sur le tracé, lors de la lecture, le moment précis du symptôme.

- Le *patient*. Montrer au patient le bouton « événement » à presser en cas de symptôme. Lui remettre une feuille pour tenir son journal où il marque l'horaire exact de ses diverses activités, et de ses symptômes (début et fin). Lui donner trois électrodes de secours en cas de décollement. Lui expliquer de ne pas se doucher avec l'appareil. Lui expliquer de décoller lui-même les électrodes, et les laisser reliées aux fils et à l'enregistreur si un tiers doit le rapporter.

■ Étapes de lecture d'un holter

L'analyse et interprétation d'un enregistrement d'événements rythmiques (habituellement le holter) requièrent un certain nombre de principes et d'étapes. L'ordre des tâches à accomplir varie selon le médecin.

De façon générale, nous pouvons retenir l'ordre indiqué ci-après.

- Quelle est l'indication de l'examen ? En fonction des symptômes ou du diagnostic suspecté, l'analyse de l'enregistrement va se focaliser sur l'une ou l'autre étape de l'interprétation. Il est donc indispensable de lire au préalable l'ordonnance médicale comportant le motif de la demande d'examen.
- Le défilement rapide du tracé continu grâce au curseur permet d'analyser de manière grossière le rythme sous-jacent : rythme sinusal, FA, flutter, troubles conductifs patents, etc. Le temps imparti pour cette étape est de quelques secondes.
- Le profil fréquentiel des 24 heures donne un aperçu des bradycardies et tachycardies potentielles. Un passage brutal de FC basses aux FC hautes peut évoquer le démarrage d'une fibrillation atriale. Le positionnement du curseur sur l'une ou l'autre partie de la courbe permet ensuite d'ouvrir le tracé correspondant. On pourra alors visualiser une pause ou une tachyarythmie (FA, flutter, autre TSV).
- L'analyse des histogrammes de fréquence est une autre façon d'apprécier le profil fréquentiel. Le curseur est positionné dans les zones de basses fréquences, permettant de voir les bradycardies.
- L'analyse des familles, fondée sur la morphologie des QRS (complexes supraventriculaires et ventriculaires) est une étape

importante. Elle permet de classifier le rythme sinusal, les extrasystoles supraventriculaires et ventriculaires ainsi que les artefacts. On pourra également regrouper les ESV selon leurs morphologies, ce qui permet après de classifier l'hyperexcitabilité ventriculaire en monomorphe ou polymorphe.

- L'analyse des événements est essentielle et impose qu'on s'y attarde :
  - la fréquence cardiaque : on ajustera le calcul automatique des FC minimales et maximales. Il est habituel de corriger les valeurs données par l'enregistreur (artefacts) ;
  - les périodes longues et pauses sont validées ;
  - l'extrasystolie supraventriculaire (ESA, ESSV, TSV) : le couplage des ESA va être analysé, d'autant plus que la précocité de celles-ci (phénomène P/T) est à l'origine de FA paroxystiques provenant des veines pulmonaires [8] ;
  - l'extrasystolie ventriculaire : on éliminera les artefacts et les aberrations de conduction supraventriculaire prises pour des ESV [9]. Les ESV isolées, en doublets, triplets, etc., seront validées, ainsi que le nombre de morphologies. Le couplage des ESV a une valeur pronostique dans le postinfarctus. Dès lors, les ESV à couplage court et surtout le phénomène R/T seront pris en compte dans l'interprétation de l'extrasystolie ;
  - l'analyse de l'intervalle QT est faite selon l'indication. En cas de suspicion du syndrome du QT long ou d'évaluation de l'efficacité du traitement du QT long, le logiciel d'interprétation du QT sera mis à contribution ;
  - l'échantillonnage des événements marquants sera enregistré aux fins d'impression. Ces tracés d'événements accompagneront le compte rendu final.

Références

[1] Holter NJ. New method for heart studies: continuous electrocardiography of active subjects over long periods is now practical. *Science* 1961;**134**:1214–20.

[2] Naccarella F, Lepera G, Rolli A. Arrhythmic risk stratification of post-myocardial infarction patients. *Curr Opin Cardiol* 2000;**15**:1–6.

[3] Roche F, Gaspoz JM, Da Costa A, Isaaz K, Duverney D, Pichot V, et al. Frequent and prolonged asymptomatic episodes of paroxysmal atrial fibrillation revealed by automatic long-term event recorders in patients with a negative 24-hour Holter. *Pacing Clin Electrophysiol* 2002;**25**:1587–93.

[4] Nair CK, Khan IA, Esterbrooks DJ, Ryschon KL, Hilleman DE. Diagnostic and prognostic value of Holter-detected ST-segment deviation in unselected patients with chest pain referred for coronary angiography. A long-term follow-up analysis. *Chest* 2001;**120**:834–9.

[5] Enseleit F, Duru F. Long-term continuous external electrocardiographic recording: a review. *Europace* 1st April 2006:255–66.

[6] Zimetbaum P, Goldman A. Contemporary reviews in cardiovascular medicine ambulatory arrhythmia monitoring choosing the right device. *Circulation* 2010;**122**:1629–36.

[7] ACC/AHA Guidelines for Ambulatory Electrocardiography: Executive Summary, Recommendations. A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (Committee to Revise the Guidelines for Ambulatory Electrocardiography). Developed in collaboration with the North American Society for Pacing and Electrophysiology. *Circulation* 1999;**100**:886–93.

[8] Haissaguerre M, Jais P, Shah DC. Spontaneous initiation of atrial fibrillation by ectopic beats originating in the pulmonary veins. *N Engl J Med* 1998;**339**:659–66.

[9] Talbot S, Dreifus LS. Characteristics of ventricular extrasystoles and their prognostic importance: a reappraisal of their method of classification. *Chest* 1975;**67**:665–74.

A. Bonny (aimebonny@yahoo.fr).
R. Frank.
Unité de rythmologie, Groupe hospitalier Pitié-Salpêtrière, 47, boulevard de l'Hôpital, 75013, Paris, France.

Toute référence à cet article doit porter la mention : Bonny A, Frank R. Méthodes d'enregistrement ambulatoire de l'électrocardiogramme. EMC - Cardiologie 2014;9(2):1-8 [Article 11-006-C-10].

Disponibles sur www.em-consulte.com

Arbres décisionnels | Iconographies supplémentaires | Vidéos/ Animations | Documents légaux | Information au patient | Informations supplémentaires | Auto-évaluations | Cas clinique

Cet article comporte également le contenu multimédia suivant, accessible en ligne sur em-consulte.com et em-premium.com :

1 autoévaluation

Cliquez ici

19 iconographies supplémentaires

Iconosup 10

Courbe des fréquences cardiaques. Noter le démarrage de tachycardie supraventriculaire.

Cliquez ici

Iconosup 11

Fausse pause.

Cliquez ici

Iconosup 12

Fausse tachycardie.

Cliquez ici

Iconosup 5

a. Bloc auriculoventriculaire 2 paroxystique (Cardiatel).

b. Bloc auriculoventriculaire 3 paroxystique (Reveal).

c. Tachycardie ventriculaire (Cardiatel).

Cliquez ici

Iconosup 6

Types de holter.

a. Port du dispositif.

b. Différents types d'enregistreurs à la même échelle. 1. Vitaphone (externe, télédiagnostic, longue durée) ; 2. Reveal (implantable, péri-évènement, longue durée) ; 3. Holter AFT (*Full Arrhythmia Tracking*, externe, enregistrement continu de longue durée) ; 4. Reval et SpiderFlash (externe, péri-événement, longue durée).

Cliquez ici

Iconosup 7

Boîtier externe et implant du Reveal.

Cliquez ici

Iconosup 8

Boîtier SpiderFlash.

Cliquez ici

Iconosup 9

a. Démarrage tachycardie supraventriculaire.

b. Démarrage tachycardie ventriculaire.

Cliquez ici

© 2014 Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés. - Document téléchargé le 06/12/2014 par CERIST ALGERIE (353213)